

SEMINARIO SOBRE EL PROCESO CIENTÍFICO: NATURALEZA DE LA CIENCIA, INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y RELACIONES CIENCIA- TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

A. Bennàssar-Roig, M.A. Vich-Sbert, M.A. Manassero-Mas, A. Vázquez-Alonso, J.A Tur-Marí
Universitat Illes Balears

RESUMEN: Se presentan los resultados obtenidos en los cambios sobre concepciones científicas al realizar un seminario con estudiantes de grado de biología sobre el proceso científico: naturaleza de la ciencia, investigación científica y relaciones ciencia-tecnología-sociedad, de carácter teórico y práctico. Se realizó una sesión teórica sobre naturaleza de la ciencia y dos prácticas: lectura de un artículo para aplicar los contenidos de la naturaleza de la ciencia y análisis de un proyecto realizado que incluía aspectos sobre ciencia, tecnología y sociedad. Se evaluaron los progresos obtenidos mediante el cuestionario COCTS, el cual manifiesta un resultado positivo de mejora sobre el conocimiento de ciencia y sus procesos.

PALABRAS CLAVE: naturaleza de la ciencia, naturaleza de la ciencia y la tecnología, investigación científica, ciencia, tecnología y sociedad, Cuestionario de Opinión sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)

OBJETIVOS: El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en una propuesta de trabajo para los estudiantes de grado de materias científicas y formación del profesorado para ser desarrollado en las asignaturas dedicadas a didáctica de biología y de ciencias experimentales. En este seminario se propone trabajar de forma explícita conocimientos sobre naturaleza de la ciencia, investigación científica y relaciones entre ciencia-tecnología y sociedad. Se consideran aspectos teóricos y se desarrollan de forma práctica mediante ejemplos concretos. Finalmente, se realiza la evaluación de los resultados obtenidos en el seminario mediante de la aplicación del cuestionario COCTS (Cuestionario de Opinión sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad) al inicio y al final de la actividad.

MARCO TEÓRICO

En los estudios científicos de grado actuales no existe ninguna asignatura dedicada específicamente a estudiar los procesos científicos en toda su complejidad. El problema, desde el punto de vista de la enseñanza de la ciencia es que se sigue transmitiendo conocimiento en lugar de mediar con el alumnado para que construya su propio conocimiento. Los libros generales de las disciplinas científicas recogen

únicamente el método científico como sistema válido para generar conocimiento científico. Más aún, cuando se transmiten los avances en el conocimiento se hace a través de artículos científicos, los cuales tienen una estructura basada en el método científico y en los que se transmiten únicamente los resultados positivos obtenidos sin hacer referencia a todo el proceso seguido. En este artículo se recoge una propuesta de formación explícita sobre ciencia para poner al alcance de los estudiantes de materias científicas la complejidad del proceso de investigación. La naturaleza de la ciencia tiene como objetivo la descripción del mundo natural, sus relaciones con la tecnología, mediante una base empírica, reconociendo la provisionalidad del conocimiento y su subjetividad, se trata de una actividad personal que incluye imaginación y creatividad, también es una actividad social, influenciada por la ideología, se basa en observación e inferencia y puede definir leyes y teorías, derivadas de la inferencia de fenómenos relacionados (Abd-El-Khalin, Lederman, 2000; Acevedo-Díaz *et al.*, 2007; Lederman *et al.*, 2014). Por su parte, la investigación científica, se basa en una metodología específica que incluye realizar observaciones, hacerse preguntas, revisar la literatura, planificar experimentaciones, buscar evidencias, analizar e interpretar datos, aplicar pensamiento lógico, dar respuestas, proponer explicaciones, hacer predicciones, para finalmente comunicar los resultados. (Schwartz, *et al.*, 2004).

METODOLOGÍA

El seminario se realizó en seis sesiones de trabajo a la que asistieron cincuenta alumnos que estaban cursando una asignatura optativa sobre didáctica de la biología en cuarto curso de grado de biología. La actividad de formación sobre el proceso científico que se propone se basó en cuatro actividades: respuesta al cuestionario COCTS al inicio y al final del seminario; formación teórica sobre naturaleza de la ciencia (NdC); aplicación de los conceptos de NdC a un artículo científico y estudio de un proyecto tecnológico que unía los conceptos de ciencia-tecnología y sociedad.

Para evaluar el cambio producido en el conocimiento se usó el cuestionario COCTS (Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad), desarrollado por nuestro grupo de trabajo (Vázquez, *et al.* 2006), basado y desarrollado a partir de los cuestionarios VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992) y TBASTS (Ruba, *et al.* 1996) para realizar un diagnóstico del grado de conocimiento sobre ciencia de diferentes niveles educativos. Los resultados obtenidos al aplicar COCTS a otros estudiantes por nuestro grupo de trabajo (Bennàssar-Roig *et al.*, 2010; Vázquez-Alonso *et al.*, 2014) son similares a las evaluaciones realizadas por otros autores (Abd-El-Khalic, Lederman, 2000). Debido a que COCTS contempla aspectos científicos y tecnológicos se aplicó después de realizar las dos actividades.

Para la sesión teórica sobre los conceptos básicos de naturaleza de la ciencia, investigación científica y relaciones ciencia-tecnología sociedad se hizo siguiendo los trabajos de Acevedo *et al.* (2007) y Lederman *et al.* (2014) y los contenidos del curso sobre ciencia recogido en la web *Understanding Science* (Caldwell *et al.*, 2014). Este curso recoge informaciones específicas sobre naturaleza de la ciencia y propuestas de su enseñanza en los diferentes niveles educativos: primaria, secundaria, bachillerato y grado universitario.

Para la sesión práctica de aplicación de los conceptos básicos del proceso científico se propuso la lectura, análisis y discusión del artículo de la investigadora Mary H. Schweitzer, titulado *Fósiles con restos de vida*, publicado en *Investigación y Ciencia*, (Schweitzer, 2011). En este artículo se describe un proceso de cambio conceptual respecto de la idea aceptada mayoritariamente de que en los fósiles antiguos (dinosaurios) no se pueden conservar restos de materia orgánica. El artículo describe el primer hallazgo en fósiles de dinosaurio de restos de glóbulos rojos bien conservados. En principio, esta aportación fue criticada por la comunidad científica, reacia a aceptar que la materia orgánica se pudiera conservar tantos millones de años. Se describen de forma minuciosa el conjunto de experimentaciones realizadas, los nuevos hallazgos, las comprobaciones con nuevos análisis, la oposición de científicos

escépticos, la colaboración necesaria de otros grupos de investigadores para llenar las lagunas de conocimiento, las publicaciones realizadas y la aceptación final de las tesis defendidas en la investigación. (Stokstad, 2004). En conjunto este artículo recoge de forma adecuada como se trabaja en ciencia y se pueden identificar las características de la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica: cambio conceptual, provisionalidad del conocimiento, opiniones contrarias a las de la autora, base empírica, creatividad, trabajo personal, observaciones e inferencia, resistencia a la aceptación de un concepto nuevo y aceptación final por parte de la comunidad científica. El artículo es un excelente ejemplo para estudiar naturaleza de la ciencia e investigación científica.

El estudio sobre las relaciones ciencia-tecnología-sociedad se hizo mediante el seguimiento de un proyecto de investigación desde su concepción y consecución de apoyo económico, desarrollo experimental, publicación de los resultados, la patente generada hasta su aplicación comercial. El aspecto científico consistió en determinar los efectos que la vitamina E y C ejercen sobre la capacidad de defensa inmunológica del ser humano, lo que se determinó mediante análisis del estado antioxidante de participantes voluntarios en un estudio de intervención. (Cases, *et al.*, 2005). El desarrollo tecnológico consistió en el diseño y confección de una bebida isotónica antioxidante a partir de alimentos existentes en las Islas Baleares de la que se realizó la correspondiente patente (Pons *et al.* 2001). Actualmente este producto puede hallarse en el mercado bajo la marca comercial Vitalmen (Vit-almen, 2015).

RESULTADOS

Finalmente, se realizó la evaluación de la actividad para comprobar si se había producido un cambio en las concepciones sobre ciencia por parte de los estudiantes. Respondieron el cuestionario COCTS antes y después de realizar el seminario y las actividades ligadas al mismo. A continuación se dan los resultados obtenidos para cada concepto. Se dan los valores antes y después.

COCTS	ANTES	DESPUÉS
Concepto de ciencia	0,687	0,689
Tecnología	-0,118	0,089
Relación Ciencia-Tecnología	0,088	0,287
Relación calidad vida-ciencia	0,121	0,223
Método científico	-0,212	-0,088
Aceptación nuevas teorías	-0,215	-0,187
Igualdad de género	0,128	0,215
Responsabilidad comunicación	0,234	0,245
Influencia sobrenatural	0,785	0,781

Para interpretar estos datos véase los artículos (Vázquez-Alonso *et al.*, 2006; 2014). El cuestionario mide en una escala de 1 a 9 puntos que se transforman en un índice normalizado en un intervalo entre -1 y +1.

CONCLUSIONES

Como conclusión de la realización de este seminario puede comprobarse el cambio que se ha producido en las concepciones sobre ciencia de los estudiantes. Con una significativa mejora en la comprensión de los procesos científicos. En la evaluación inicial existían 3 ítems con valoración negativa, 6 con

valoración positiva y 1 en la frontera. Al final de la realización del seminario los resultados de la encuesta muestran el cambio producido. Por un lado, todos los ítems que tenían una valoración positiva conservan esta valoración con aumentos en prácticamente en todos los casos. Ha pasado de valoración negativa a positiva el concepto de tecnología. El método científico se sigue considerando como único método válido para realizar ciencia. También sigue con valor negativo el ítem sobre la aceptación de las nuevas teorías.

Como comentario general puede considerarse que en las respuestas dadas, aun después de realizar el seminario conviven conceptos contradictorios. Junto con el acierto en las respuestas más informadas con frecuencia para un mismo ítem se dan concepciones desinformadas. Pensamos que este tipo de seminario puede ser muy útil para cambiar la información sobre el proceso científico y determinadas preconcepciones que aunque sean persistentes al participar en trabajos como el mencionado facilitan el cambio de las mismas. No obstante se pudo notar un cambio conceptual importante de bido a que se trata de alumnos de cuarto curso con cierta experiencia de manejo de los procesos científicos.

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALIC, F.; LEDERMAN, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*. 22(7). 665-701.
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A. VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A.; ACEVEDO-ROMERO, P (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de la investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Didáctica de la Ciencia*. 4(1). 42-66.
- AIKENHEAD, G.S., RYAN, A.G. (1992). The development a new instrument to: "Views on Science, Technology and Society" (VOSTS). *Science Education*. 76(5). 477-491.
- BENNÀSSAR-ROIG, A; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A.; GARCÍA-CARMONA, A.(editores) (2010). Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica. Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología. 246 pp. *O.E.I.* Disponible en:[<http://www.oei.es/salacts/DOCUMENTO5vf.pdf>]
- CALDWELL, R.; LINDBERG, D. *et al.* (2014). *Understanding Science*. University of California Museum of Paleontology. Consultado [Enero, 2017]. Disponible[<http://www.understandingscience.org>]
- CASES, N.; AGUILÓ, A.; TAULER, P.; SUREDA, A.; LLOMPART, I.; PONS, A. & TUR, J.A. Differential response of plasma and immune cell's vitamin E levels to physical activity and antioxidant vitamin supplementation. (2005). *European Journal of Clinical Nutrition*. 59: 781-788.
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M.A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*. 30(1). 23-34.
- LEDERMAN, N.G.; ANTINK, A.; BARTOS, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science & Education*. 23. 285-302.
- RUBA, P.A.; SCHONEWEG, C.S.; HARKNESS, W.J. (1996). A new scoring procedure for Views son Science, Technology and Society instrument. *International Journal of Science Education*. 18(4). 387-400.
- SCHWARTZ, R.S.; LEDERMAN, N.G.; CRAWFORD, B.A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4). 610-645.

- SCHWEITZER, M.H. (2010). Fósiles con restos de vida. *Investigación y Ciencia*, Febrero 2011. 26-33. (Traducción de Blood from Stone. Scientific American, Diciembre. 62-69).
- STOKSTAD, E. (2004). Dinosaurs under the knife. *Science*, vol. 306, 962-965.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A; MANASSERO-Mas, M.A y ACEVEDO, J.A. (2006). An analysis of complex multi-choice science-technology-society items: methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4). 681-706
- VÁZQUEZ-ALONSO, A.; GARCÍA-CARMONA, A.; MANASSERO-MAS, A.; BENNÀSSAR-ROIG, A. (2014). Spanish students. conceptions about NOS and STS issues: A diagnostic study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 10(1). 319-328.
- VIT-ALMEN. (2015). Vital-men. Consultado [Enero 2017]. Disponible en <<http://www.vit-almen.com/>>

